

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2003-042894**
 (43)Date of publication of application : **13.02.2003**

(51)Int.Cl. **G01M 11/00**
G01B 11/08

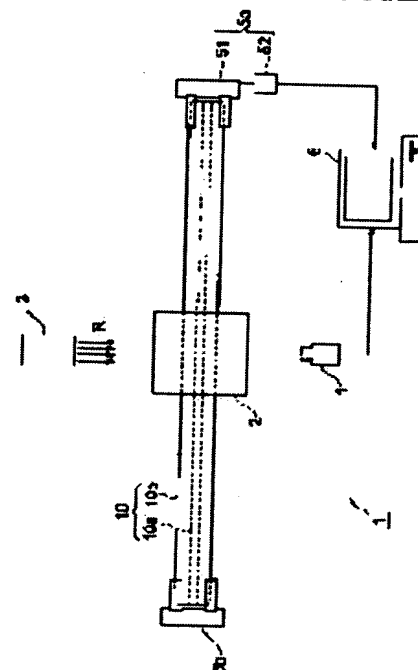
(21)Application number : **2001-234014** (71)Applicant : **SUMITOMO ELECTRIC IND LTD**
 (22)Date of filing : **01.08.2001** (72)Inventor : **ONISHI MASASHI**
YANADA EIJI
HIRANO MASAOKI

(54) METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING OUT OF ROUNDNESS OF CORE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and apparatus for easily and quickly measuring the out of roundness of a core of an optical fiber blank.

SOLUTION: The out of roundness measuring apparatus 1 comprises a container 2 for dipping an optical fiber blank 10 in a liquid, a light source 3 for irradiating the blank 10 with parallel rays of light, a photodetector 4 for receiving the light passed through the blank, hold rotators 5a, 5b for holding and rotating the blank 10, and a core out of roundness measuring unit 6. When the refractive indices of a clad part 10b and a liquid are approximately equal, the light passing through the clad 10b travels straightly without refraction, while the light passing through the core 10a is refracted to arrive at the photodetector due to the refractive index difference between the core 10a and the clad 10b. Hence, an image obtained by the photodetector 4 has specified bright and dark portions. The measuring unit 6 calculates the out of roundness of the core, based on the light intensity distribution of the image.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] **20.09.2001**
 [Date of sending the examiner's decision of rejection] **29.10.2003**
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number]
 [Date of registration]
 [Number of appeal against examiner's decision of] **2003-23249**

rejection]

- [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 28.11.2003
- [Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2003-42894

(P 2003-42894 A)

(43) 公開日 平成15年2月13日 (2003. 2. 13)

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

G 0 1 M 11/00

G 0 1 B 11/08

F I

G 0 1 M 11/00

G 0 1 B 11/08

テマコード (参考)

G 2F065

H 2G086

審査請求

有

請求項の数 7

O L

(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-234014 (P2001-234014)

(22) 出願日 平成13年8月1日 (2001. 8. 1)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 大西 正志

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 梁田 英二

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

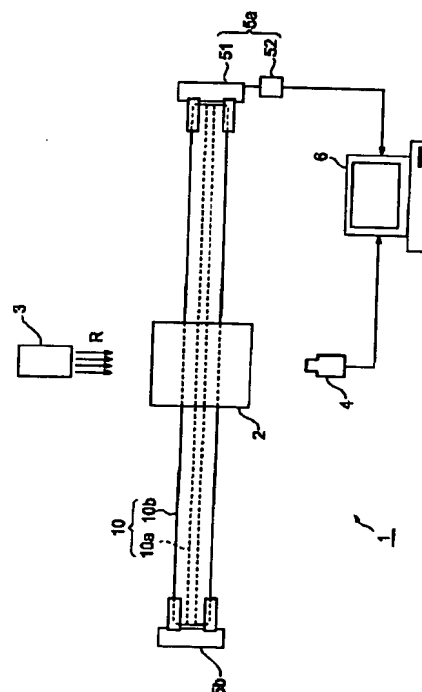
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コア部非円率測定方法、及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバ母材のコア部非円率を容易に短時間で測定できる方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 コア部非円率測定装置1は、光ファイバ母材10を液体中に浸漬させる容器2と、光ファイバ母材10に平行光を照射する光源部3と、光ファイバ母材を透過した光を受光する受光部4と、光ファイバ母材10を保持し回転させる保持回転部5a、5bと、コア部非円率測定部6とを有する。クラッド部10b及び液体の屈折率を略等しくさせると、クラッド部10bを透過する光は屈折されことなく直進する。一方、コア部10aを透過する光はコア部10aとクラッド部10bとの屈折率差により屈折されて受光部に達する。このため、受光部3により得られる像は所定の明暗部を有する。コア部非円率測定部6において、像の光強度分布に基づきコア非円率が算出される。



、【特許請求の範囲】

【請求項1】 コア部及びクラッド部を有する光ファイバ母材のコア部非円率を測定するコア部非円率測定方法であって、

前記クラッド部と屈折率が略等しい液体中に前記光ファイバ母材を浸漬し、

前記液体中に浸漬された光ファイバ母材をその中心軸を回転軸として回転させ、

回転する前記光ファイバ母材の側面に対して平行光を照射し、

前記光ファイバ母材の側面に照射されて前記光ファイバ母材を透過した光を受光して撮像し、

その撮像の結果得られた光強度分布に基づいてコア部非円率を求めることを特徴とするコア部非円率測定方法。

【請求項2】 前記光強度分布において前記コア部を透過した光により生じる明部の幅を測定して該明部の幅をYとし、

回転する前記光ファイバ母材の回転角を求めて該回転角を ϕ とし、

前記明部の幅Yを前記回転角 ϕ に対して、式 $Y = A + B \times \sin \phi$ を用いてフィッティングし、

フィッティングの結果から、コア部非円率を式 $D(\%) = (2 \times B / A) \times 100$ に基づいて推定することを特徴とする請求項1記載のコア部非円率測定方法。

【請求項3】 前記光ファイバ母材を透過した光を受光して撮像する際、

当該光を複数の画素を有する画素面上に照射させて前記光ファイバ母材の画像を形成し、

前記画素面上の前記画像のうち前記コア部により形成される部分に前記画素を少なくとも1000個以上含ませることを特徴とする請求項1記載のコア部非円率測定方法。

【請求項4】 前記液体の屈折率 d_l は、前記クラッド部の屈折率 d_k に対し、

$$0 \leq |(d_l - d_k) / d_k| \leq 0.05$$

で表される関係を満たすことを特徴とする請求項1記載のコア部非円率測定方法。

【請求項5】 コア部及びクラッド部を有する光ファイバ母材のコア部非円率を測定するコア部非円率測定装置であって、

前記コア部と屈折率のほぼ等しい液体中に前記光ファイバ母材を浸漬させる容器と、

前記液体中に浸漬された光ファイバ母材を保持し、当該光ファイバ母材をその中心軸を回転軸として回転させる保持回転手段と、

前記液体中に浸漬された光ファイバ母材の側面に対して平行光を照射するよう配置された光源部と、

前記光ファイバ母材の側面に照射されて前記光ファイバ母材を透過した光を受光して撮像するよう設けられた撮像部と、

前記撮像部により撮像の結果得られた光強度分布に基づいてコア部非円率を求めるコア部非円率測定部と、を備えることを特徴とするコア部非円率測定装置。

【請求項6】 前記撮像部は、複数の画素を含む画素面を有しており、

前記光ファイバ母材を透過した光が前記画素面上に照射されて前記光ファイバ母材の画像が形成されるときに、前記画素面上の前記画像のうち前記コア部により形成される部分に前記画素を少なくとも1000個以上含むことを特徴とする請求項5記載のコア部非円率測定装置。

【請求項7】 前記回転保持手段は、回転させる前記光ファイバ母材の回転角 ϕ を含む角度信号を出力する角度信号出力部を更に備え、

前記コア部非円率測定部は、前記角度信号を入力し該角度信号より得られる前記回転角 ϕ と、前記光強度分布において前記コア部を透過した光により生じる明部の幅Yとに対して、式 $Y = A + B \times \sin \phi$ を用いてフィッティングし、このフィッティングの結果から、コア部非円率を式 $D(\%) = (2 \times B / A) \times 100$ に基づいて推定することを特徴とする請求項5記載のコア部非円率測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイバ母材のコア部非円率測定方法、及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 光ファイバ母材を線引きして光ファイバを作製する場合、作製された光ファイバの光学的特性は光ファイバ母材のコア部の非円率等に大きく依存する。例えば、コア部の非円率が大きい光ファイバ母材から光ファイバを作製すれば、その光ファイバ自体のコア非円率もまた悪化してしまう。そのため、光ファイバの偏波モード分散特性が悪化してしまう事態となっていた。偏波モード分散特性が悪化すると、高ビットレートの光伝送が困難となるという問題があった。光ファイバ母材のコア部非円率を低減するためには、先ず、コア部非円率を測定する必要がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 光ファイバ母材のコア部非円率を求める方法として、光ファイバ母材に光を照射し、光ファイバ母材を透過した光を観測した結果から光ファイバ母材の屈折率分布を算出し、この屈折率分布に基づいてコア部非円率を求める方法がある。本発明者らは、このような方法について鋭意研究を行なった結果、以下の問題点を見出した。すなわち、光ファイバ母材に光を照射すると、照射された光は、光ファイバ母材の側面、及びクラッド部とコア部との境界において屈折するので、透過後の光により形成される像は複雑なパターンを有することになる。コア部非円率を求めるためには、コア部非円率以外の要因によって複雑化されたパター

ンを所定のデータ処理により補正する必要があった。そのためには、複雑な計算が必要であり、測定に長い時間を要していた。

【0004】そこで、本発明は、上記の問題点を解決するためになされたものであり、光ファイバ母材のコア部非円率を容易に短時間で測定できる方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明に係るコア部非円率測定方法は、コア部及びクラッド部を有する光ファイバ母材のコア部非円率を測定するコア部非円率測定方法であって、(a)クラッド部と屈折率が略等しい液体中に光ファイバ母材を浸漬し、(b)液体中に浸漬された光ファイバ母材をその中心軸を回転軸として回転させ、(c)回転する光ファイバ母材の側面に対して平行光を照射し、(d)光ファイバ母材の側面に照射されて光ファイバ母材を透過した光を受光して撮像し、(e)その撮像の結果得られた光強度分布に基づいてコア部非円率を求めることを特徴とする。

【0006】上記の方法によれば、コア部非円率が測定されるべき光ファイバ母材は、そのクラッド部と屈折率がほぼ等しい液体に浸漬される。そして、当該液体に浸漬された光ファイバ母材はその中心軸を回転軸として回転される。そして、この光ファイバ母材の側面に平行光が照射される。クラッド部と液体との屈折率はほぼ等しいため、クラッド部を透過するよう進行する平行光は、液体とクラッド部との境界面で屈折されることなく直進する。一方、コア部を透過するよう進行する平行光は、コア部とクラッド部との間に屈折率差があるため、これら双方の境界で屈折されて集光されるよう進行する。その結果、受光部により受光された光は、明部及び暗部を含むような光強度分布を示すこととなる。このような光強度分布は、コア部とクラッド部との境界において屈折された光により形成されるので、この光強度分布に基づいてコア部非円率を求めることができる。

【0007】また、本発明によるコア部非円率測定方法は、上記光強度分布においてコア部を透過した光により生じる明部の幅を測定してこの明部の幅をYとし、回転する光ファイバ母材の回転角を求めてこの回転角をφとし、明部の幅Yを回転角φに対して、式 $Y = A + B \times \sin \phi$ を用いてフィッティングし、フィッティングの結果から、コア部非円率を式 $D(\%) = (2 \times B / A) \times 100$ に基づいて推定することを特徴とすることができる。測定の結果得られたグラフに対して上式を用いたフィッティングを行い、値A、Bを求めれば、コア部非円率を求めることができる。

【0008】さらに、光ファイバ母材を透過した光を受光して撮像する際、当該光を複数の画素を有する画素面上に照射させて光ファイバ母材の画像を形成し、画素面上の画像のうちコア部により形成される部分に画素を少

なくとも1000個以上含ませると好適である。これにより、コア部の直径の相対値を精度良く求めることができる。

【0009】さらにまた、上記の液体の屈折率 d_1 は、クラッド部の屈折率 d_k に対し、 $0 \leq |(d_1 - d_k) / d_k| \leq 0.05$

で表される関係を満たすと好適である。光ファイバ母材を浸漬させる液体の屈折率がこのような関係を満たせば、光ファイバ母材に照射される平行光は、液体とクラッド部の外周面との境界において殆ど屈折することがない。

【0010】また、本発明に係る光ファイバ母材のコア部非円率装置は、コア部及びクラッド部を有する光ファイバ母材のコア部非円率を測定するコア部非円率測定装置であって、(a)コア部と屈折率のほぼ等しい液体中に光ファイバ母材を浸漬させる容器と、(b)上記液体中に浸漬された光ファイバ母材を保持し、当該光ファイバ母材をその中心軸を回転軸として回転させる保持回転手段と、(c)液体中に浸漬された光ファイバ母材の側面に対して平行光を照射するよう配置された光源部と、(d)光ファイバ母材の側面に照射されて光ファイバ母材を透過した光を受光して撮像するよう設けられた撮像部と、(e)撮像部により撮像の結果得られた光強度分布に基づいてコア部非円率を求めるコア部非円率測定部と、を備えることを特徴とする。上記容器中に光ファイバ母材のクラッド部と屈折率がほぼ等しい液体を収容し、光ファイバ母材をこの液体中に浸漬させれば、上記の測定方法を好適に実施することができ、上述した通り、光ファイバ母材のコア部非円率を測定できる。

【0011】また、上記の撮像部は、複数の画素を含む画素面を有しており、光ファイバ母材を透過した光が画素面上に照射されて光ファイバ母材の画像が形成されるときに、画素面上の画像のうちコア部により形成される部分に画素を少なくとも1000個以上含むと有用である。

【0012】さらに、回転保持手段は、回転させる光ファイバ母材の回転角φを含む角度信号を出力する角度信号出力部を更に備え、コア部非円率測定部は、角度信号を入力しこの角度信号より得られる回転角φと、上記の光強度分布においてコア部を透過した光により生じる明部の幅Yとに対して、式 $Y = A + B \times \sin \phi$ を用いてフィッティングし、このフィッティングの結果から、コア部非円率を式 $D(\%) = (2 \times B / A) \times 100$ に基づいて推定すると好適である。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るコア部非円率の測定装置及びこの測定装置を用いた測定方法の好適な実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、図面の説明においては、同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0014】図1は、本実施形態によるコア部非円率測定装置の構成を示す概略図である。同図において、コア部非円率測定装置1は、光ファイバ母材10の一部を液体中に浸漬させる容器2と、液体に浸漬された光ファイバ母材10の側面に対して平行光を照射する光源部3と、光ファイバ母材の側面に照射され光ファイバ母材を透過した光を撮像する撮像部4と、光ファイバ母材10を保持し、その中心軸を回転軸として光ファイバ母材10を回転させる保持回転部5a、5bと、撮像部4により撮像された光の光強度分布を求め、この光強度分布に基づいてコア部非円率を計算するコア部非円率測定部6とを有する。光ファイバ母材10は、例えば、VAD (Vapor phase Axial Deposition) 法、MCVD (Modified Chemical Vapor Deposition) 法、OVD (Outside Vapor Deposition) 法、又はロッドインコラプス法といった光ファイバ母材製造方法から製造され、コア部10aとクラッド部10bとを有する。ここで、コア部10aには GeO_2 が一様に添加されている。また、クラッド部10bの屈折率は、波長630nmの光に対し1.46程度あり、コア部10aのクラッド部10bに対する比屈折率差 Δ は1%程度である。

【0015】容器2は、一面が開放された略立方体の形状を有する。また、容器2の対向する一対の面には、光ファイバ母材10が通挿される開口が設けられている。また、この開口の縁には、例えばバイトン (Viton (登録商標)) といった材料からなるパッキング材が設けられている。このパッキング材は、適度な弾力性を有しており、光ファイバ母材の側面と密着する。これにより、開口と光ファイバとの間が密閉され、容器2内の液体は漏洩することなく收容される。また、パッキング材は、光ファイバ母材10がその中心軸を回転軸として回転できる程度に密着される。なお、容器2は、光源部3から放出される平行光、及び光ファイバ母材10を透過する光を透過させる材料から構成される必要があり、例えば、石英ガラスから構成されると好ましい。

【0016】光源部3は、例えば、ハロゲン又はキセノンランプといったランプを有する。このランプにより平行光Rが放出される。また、光源部3は、ハロゲン又はキセノンランプといったランプと、所定のレンズを有する光学系とから構成されてもよい。また、これらのランプとバンドル光ファイバとを光学的に結合し、該光ファイバの端部にコリメートレンズを取り付け、光源部3を構成してもよい。これらの構成により、このランプから放射される光が平行光化される。また、光源部3は、光ファイバ母材10の側面に対向するように設けられる。特に、光源部3からの平行光が光ファイバ母材10の長手方向と直交するように光ファイバ母材10の側面に照射されると尚好ましい。

【0017】撮像部4は、この撮像部4と光源部3との間に光ファイバ母材10が位置するように配置される。

これにより、光源部3から放出されて光ファイバ母材10を透過した光は撮像部4に入射される。撮像部4に入射された光は撮像部4が有する撮像面に照射され、光ファイバ母材10を透過した光による画像が撮像面上に形成される。撮像部4の撮像面は複数個の画素を有しており、この画素のそれぞれにより光電変換が行われる。光電変換の結果得られた電気信号は、後述のコア部非円率測定部6に対して出力される。なお、撮像部4として、具体的には、所定のレンズ等を有するCCDカメラが使用されると好適である。

【0018】さらに、画素面上に光ファイバ母材の画像を投影させる際、この像のうちコア部により形成される部分に画素が1000個以上含まれるようにすると好ましい。これにより、コア部10aを透過した光により形成される画像の形状を精度良く求めることが可能となる。具体的には、0.1%程度の測定精度が実現される。なお、コア部により形成される画像部分に画素が1000個以上含まれるようにするためには、所望の画素数を有するよう撮像部4を適宜構成すればよい。また、撮像部4と光ファイバ母材10との間に所定のレンズを有する光学系を設け、この光学系の調整によりコア部により形成される画像部分に画素が1000個以上含まれるようにしてもよい。

【0019】保持回転部5aは、光ファイバ母材10をその中心軸を回転軸として回転させる回転機構が備えられた保持具51を有する。また、保持回転部5aは、角度信号出力部52を有している。角度信号出力部52は、光ファイバ母材10の回転角度に関する情報を含む回転角度信号を出力する。この回転角度信号は、後述するコア部非円率測定部6に入力される。また、保持回転部5bは、光ファイバ母材10を保持する。保持回転部5bは、光ファイバ母材10がその中心軸を回転軸として回転されるよう回転自在に設けられている。

【0020】コア部非円率測定部6は、撮像部4からの像情報を含む電気信号と、角度信号出力部52からの回転角度信号とを入力する。また、コア部非円率測定部6は、これらの信号に基づいて所定のデータ加工を行なってコア部非円率を算出する。コア部非円率測定部6としては、例えば通常のパーソナルコンピュータを使用することができる。

【0021】続いて、コア部非円率測定装置1を用いてコア部非円率を測定する方法を測定の原理と合せて説明する。まず、光ファイバ母材10を容器2の開口に挿入し、容器2を貫通させて、光ファイバ母材10に容器2を取り付ける。次に、容器2が取り付けられた光ファイバ母材10を保持回転部5a、5bの保持具に取り付ける。続けて、光ファイバ母材10の側面が完全に浸漬されるように、容器2内に光ファイバ母材10のコア部10aと屈折率が略等しい液体を入れる。ここで、コア部10aと屈折率が略等しい液体については、コア部10

n の屈折率を d_k とし、液体の屈折率を d_l としたとき、式 $0 \leq |(d_l - d_k) / d_k| \leq 0.05$ で表される関係が満たされる。さらに、好ましくは、 $0 \leq |(d_l - d_k) / d_k| \leq 0.03$ であると好適である。具体的にはシリコン系オイルが好ましく、又、水であってもよい。

【0022】上記のような液体中を容器2に入れた後、光ファイバ母材10を保持回転部5aにより所定の回転速度で回転させる。そして、回転する光ファイバ母材10の上記液体中に浸漬された部分の側面に対して光源部3から平行光を照射する。その後、光ファイバ母材10を透過した光を撮像部4の撮像面上の照射させる。そして、撮像面上の画素による光電変換によって生じる像情報を含む電気信号をコア部非円率測定部6に出力する。コア部非円率測定部6において、撮像部4からの電気信号と、角度信号出力部52からの回転角度信号とに基づいてコア非円率を算出する。

【0023】ここで、コア部非円率測定部6に実施されるコア部非円率の算出について、図面を参照しながら、説明する。図2(a)は、光ファイバ母材10に照射された平行光が光ファイバ母材10を透過する様子を示す模式図である。図2(b)は、撮像部4の撮像面に形成される像の一例を示す図である。図2(a)に示す通り、平行光Rが光源部3から光ファイバ母材10に対して照射される。この平行光Rのうちコア部10aの側面に所定の角度で入射するよう進行する光R_{ca}はコア部10aとクラッド部10bとの屈折率差により屈折される。屈折の結果、透過光R_{ca}は集光されるよう曲がる。一方、クラッド部10bを透過するよう進行する光R_{cb}は、クラッド部10b周囲の液体Fとクラッド部10bとの屈折率が略等しいため、屈折されることなく直進する。すなわち、クラッド部10bを透過した光R_{cb}は直進を続け、コア部10aを透過した光R_{ca}が集光されるよう進行して撮像部4の撮像面S上に到達する。この結果、撮像面S上の像には、図2(b)に示す通り、明部M、暗部B₁、及び暗部B₂がストライプ状に形成される。

【0024】上述の通り、明部Mはコア部10aを透過した光により形成されるため、この明部Mの幅Yからコア部10aの直径の相対値を求めることができる。つまり、明部Mの幅Yはコア部10aの直径と必ずしも一致してはいないが、光源部3、光ファイバ母材10、及び撮像部4の位置関係を同一に保っておけば、幅Yの変化を求めることによりコア部10aの直径の変化を知ることができる。よって、その変化からコア部非円率を求めることができる。以下に、その方法について具体的に説明する。

【0025】光ファイバ母材10を回転させながら、光ファイバ母材10の任意の回転角度 ϕ における幅Yを測定する。この測定の結果に基づいて、回転角度 ϕ に対して幅Yをプロットし、図3に示すグラフGを得る。なお、この測定の際、回転角度 ϕ の基準は適宜決定されて

よく、この基準から計った角度を回転角度としてよい。また、幅Yを求める際には、明部Mと暗部B₁との境界、及び明部Mと暗部B₂との境界において所定の光強度を呈する2つの位置の間の距離を求め、この距離を幅Yとしてよい。また、明部Mの幅Yを精度良く測定するためには、明部Mと暗部B₁との境界部、及び明部Mと暗部B₂との境界部において測定精度を向上させる必要がある。そのため、これら2つの境界部における画素の数又は密度を向上させると好ましい。本発明者らは、画素の個数に関して、画素面上の明部M、暗部B₁、及び暗部B₂の範囲に少なくとも1000個以上であると好適であると考えている。

【0026】グラフGにおける各点(黒丸)は、実際に測定された幅Yをプロットした点である。この点に対して、 $Y = A + B \times \sin \phi$ で表される式を用いてフィッティングを行なった。グラフGにおける線Lは、このフィッティングにより実際に得られた近似線を表す。また、このフィッティングの結果得られたフィッティング変数A及びBは、 $A = 1.72$ であり、 $B = 0.02$ であった。これらの値より、コア部非円率は、 $(2 \times B / A) \times 100 = (2 \times 0.02 / 1.72) \times 100 = 1.40\%$ と算出された。

【0027】以上のように、コア部非円率測定装置1を用いた測定方法によれば、クラッド部10bと屈折率がほぼ等しい液体F中に光ファイバ母材10を浸漬させることにより、クラッド部10bを透過する光が屈折されるのが防がれる。そのため、光ファイバ母材10を透過する光のうちコア部10aを透過する光だけが屈折することになる。その結果、コア部10aを透過した光によって撮像部4の撮像面に形成される像には、明部M、暗部B₁、及び暗部B₂がストライプ状に形成される。この明部Mの幅Yからコア部10aの直径の相対値を求めることができる。よって、光ファイバ母材10を回転させながら幅Yを測定し、幅Yを回転角度 ϕ に対してプロットしたグラフを取得し、同グラフを所定の式でフィッティングすることにより、コア部非円率を求めることができる。上記方法によれば、コア部10aを透過する光だけを屈折させるので、コア部10aの直径に関する情報を容易に得ることができる。そのため、複雑な解析を行なうことなく、コア部非円率を容易且つ確実に求めることができる。また、複雑な解析に依らないため、フィッティング等に要する時間を短縮できる。

【0028】本発明者らは、上述のコア部非円率測定装置及びその測定方法を採用し、様々な光ファイバ母材についてコア部非円率の測定を行なった。また、コア部非円率を測定した光ファイバ母材を線引きして光ファイバを作製し、その光ファイバの偏波モード分散を測定した。なお、光ファイバの作製には、例えば特開平6-171970号公報及び特開平9-243833号公報に

提案される揺動線引き方法を採用した。この線引き方法は、線引きの際に、回転軸が周期的に揺動するガイドローラで光ファイバをガイドすることにより、当該光ファイバに所定のねじりを付与する方法である。所定のねじりを光ファイバに付与することによりガラス軟化部が強制的にねじられ、その結果、光ファイバにおいて互いに直交する2つの偏波モードの間のモード結合が生じる。そのため、偏波分散による入力パルスの広がり、揺動を実施しないで作製した光ファイバと比較して、 $1/(4Lh)^{1/2}$ 程度となる。ここで、 L は光ファイバ長(m)、 h は光ファイバ長1m当たりの回転数(回/m)である。

【0029】図4は、光ファイバ母材のコア部非円率と光ファイバの偏波モード分散との関係を示すグラフである。同図から分かるように、光ファイバ母材のコア部非円率が1.0%以下の場合に、大容量伝送に好適な偏波モード分散値 $0.15\text{ps/km}^{1/2}$ 以下の光ファイバが得られることが分かる。また、同図から、上述の光ファイバ母材のコア部非円率測定装置により測定されたコア部非円率と偏波モード分散値との間には明らかな相関関係があることが分かる。したがって、上述のコア部非円率測定装置を用いて光ファイバ母材のコア部非円率を測定し、測定の結果の応じて適宜光ファイバ母材を選択すれば、所望の偏波モード分散値を有する光ファイバを作製し得る。すなわち、複数の光ファイバ母材から光ファイバを作製し、偏波モード分散を測定した後に、所定の仕様値を有する光ファイバを選択する場合に比べ、光ファイバの作製時間及び作製コストを低減できる。しかも、上記コア部非円率測定装置を用いたコア部非円率測定方法においては、上述の通り、複雑な解析を必要とせず容易に、しかも短時間で測定を行なうことができる。このような点から、上述の光ファイバ母材のコア部非円率測定装置及び測定方法の効果が理解される。

【0030】以上、実施形態を用いて本発明に係る光ファイバ母材のコア部非円率測定装置及びその測定方法について説明したが、本発明は、上記実施形態に限られることなく様々な変形が可能である。例えば、コア部非円率測定装置1では、容器2を用いて光ファイバ母材10の被測定部分のみを液体中に浸漬させるようにしたが、容器2に替わり、光ファイバ母材10の全体を浸漬させる容器を用いてもよい。また、光源部3及び撮像部4を光ファイバ母材10の長手方向に移動可能に設けること

ができる。これにより、長手方向に沿った複数の位置においてコア部非円率が測定される。

【0031】また、本発明に係るコア部光ファイバ母材のコア部非円率測定装置及びその測定方法においては、コア部内で屈折率が変化する光ファイバ母材に対しても好適に適用される。コア部内で屈折率が変化する場合においても、コア部の外周面とクラッド部との境界における屈折率差によって光が屈折されるため、この屈折に基づいた明暗部が撮像された像に形成される。よって、この明暗に基づいてコア部の直径の相対値を求めることができる。

【0032】また、上記実施形態においては、明部Mの幅 Y を用いてコア部10aの直径の相対値を算出したが、暗部 B_1 、明部M、及び暗部 B_2 の合計幅を用いることができる。さらに、上記実施形態においては、式 $Y = A + B \times \sin \phi$ を用いてフィッティングしたが、フィッティングに用いられる式は適宜変更されてよい。さらにまた、光ファイバ母材10を回転させながら測定した明部Mの幅 Y の最大値と最小値とに基づいてコア部非円率を求めてもよい。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係るコア部非円率測定方法及び測定装置によれば、コア部非円率を容易に短時間で測定できる方法及びその装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本実施形態によるコア部非円率測定装置の構成を示す概略図である。

【図2】図2(a)は、光ファイバ母材に照射された平行光が光ファイバ母材を透過する様子を示す模式図である。図2(b)は、受光部の受光面に形成される像の一例を示す図である。

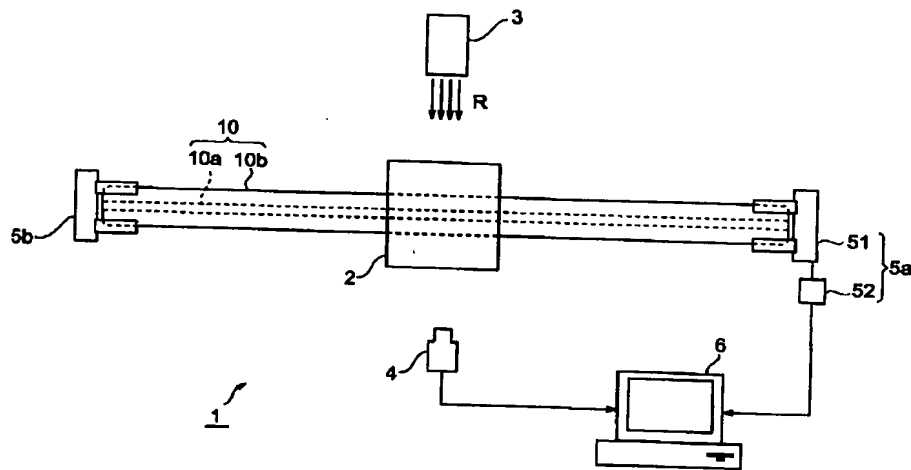
【図3】図3は、回転角度 ϕ に対して明部の幅 Y をプロットしたグラフである。

【図4】図4は、光ファイバ母材のコア部非円率と光ファイバの偏波モード分散との関係を示すグラフである。

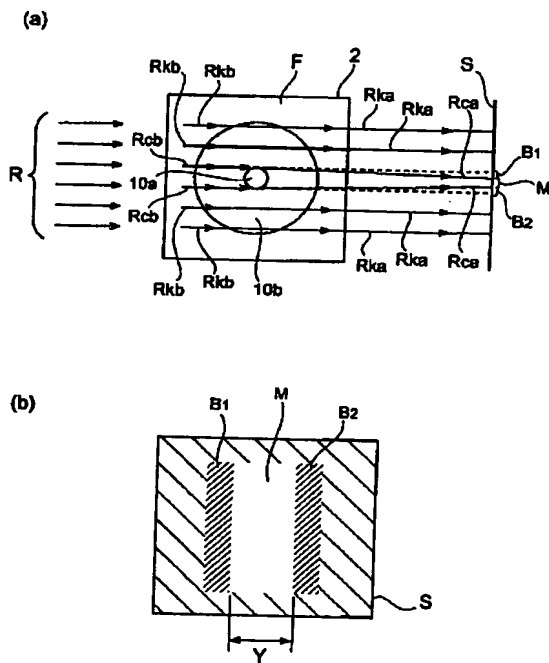
【符号の説明】

1…コア部非円率測定装置、2…容器、3…光源部、4…受光部、5a、5b…保持回転部、6…コア部非円率測定部、10…光ファイバ母材、 B_1 、 B_2 …暗部、M…明部、R…平行光、S…受光面。

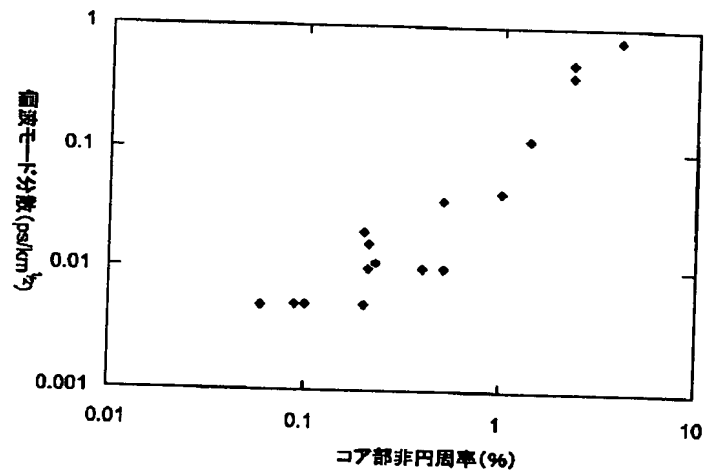
【図1】



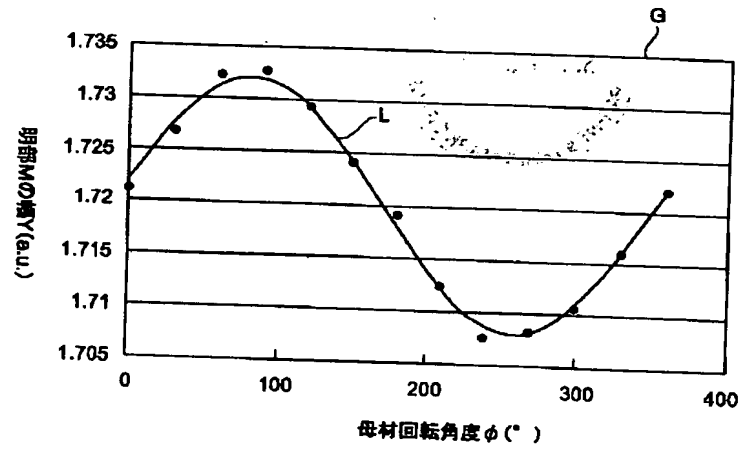
【図2】



【図4】



【図 3】



フロントページの続き

(72) 発明者 平野 正晃

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

F ターム (参考) 2F065 AA21 AA45 AA60 BB06 BB12
BB17 BB22 CC23 DD06 FF04
FF42 FF65 GG02 GG03 HH03
HH15 JJ03 JJ26 LL01 MM04
PP13 PP18 QQ17 QQ21 QQ26
QQ28 QQ31
2G086 AA02 AA04